Esoterische Programmiersprachen

Esoterische Programmiersprachen sind Sprachen, die für den produktiven Einsatz ungeeignet sind, sich aber eignen, um Prinzipien von Programmiersprachen und programmierbaren Systemen aufzuzeigen.

Mit den esoterischen Sprachen in dieser Aufgabe lassen sich Programme für eine fiktive Rechenmaschine, die BrainMachine (BM), erzeugen. Diese Rechenmaschine besitzt ein unendlich großes Feld aus Speicherzellen. In jeder Zelle des Feldes kann eine beliebig große natürliche Zahl gespeichert werden. Die Eingabe steht in den ersten k Speicherzellen. Alle weiteren Speicherzellen enthalten zu Beginn die Zahl 0. Außerdem gibt es einen Zeiger, der den Index der aktuellen Speicherzelle speichert. Zu Beginn hat dieser den Wert 0, zeigt also auf die Zelle mit dem Index 0.

Die esoterische Programmiersprache B1 kennt nur die folgenden vier Befehle, die beliebig zu einem Programm kombiniert werden können. Ein Programm besteht aus mindestens einem Zeichen.

Befehl	Bedeutung
>	Der Zeiger wird inkrementiert.
<	Der Zeiger wird dekrementiert. Sollte der Zeiger vor Ausführung des Befehls den Wert 0 haben, so bricht die Ausführung des Programms ab.
+	Der Wert der aktuellen Zelle wird inkrementiert.
-	Der Wert der aktuellen Zelle wird dekrementiert. Sollte der aktuelle Zellenwert vor Ausführung des Befehls 0 sein, so ist das Ergebnis 0.

Aufgaben

1 Startet eine BrainMachine mit einem bestimmten B1-Programm, kann es vorkommen, dass die Ausführung abbricht, weil der Zeiger dekrementiert werden soll, obwohl dieser den Wert 0 enthält. Es gibt eine Teilmenge der B1-Programme, deren Ausführung nicht abbricht. Diese Teilmenge heißt L.

1.1 Entscheiden Sie für die folgenden B1-Programme begründet, ob diese zu L gehören:

Programm 1: +>-->+< Programm 2: >+<-<+>-

(2 BE)

1.2 Entwerfen Sie eine kontextfreie Grammatik für die Sprache L.

(3 BE)

1.3 Begründen Sie, dass es keine reguläre Grammatik geben kann, die L erzeugt.

(2 BE)

2 Die Sprache B2 stellt eine mögliche Erweiterung von B1 um Schleifen dar. In Material 1 sind Syntaxdiagramme für die Sprache B2 gegeben. Die Semantik der Schleifensymbole ist:

[	Beginn einer Schleife: Die Programmausführung springt hinter die zugehörige]-Marke, wenn der Wert der aktuellen Zelle 0 ist.
]	Ende einer Schleife. Die Programmausführung springt zur zugehörigen [-Marke

2.1 Entwerfen Sie eine Grammatik, die die gleiche Sprache wie die Syntaxdiagramme erzeugt.

(3 BE)

2.2 Zeichnen Sie einen Ableitungsbaum für das B2-Programm [-]++>.

(3 BE)

2.3 Begründen Sie anhand der Syntaxdiagramme in Material 1, dass [[>]++[<]] kein gültiges B2-Programm ist.

(2 BE)

2.4 Beschreiben Sie, wie die Syntaxdiagramme in Material 1 verändert werden müssen, damit Schleifen auch eine Sequenz aus Anweisungen und Schleifen enthalten können.

(1 BE)

3 Mithilfe einer Registermaschine kann man eine B2-programmierte BrainMachine emulieren[1]. Dazu werden folgende Vereinbarungen getroffen:

- Für jede Speicherzelle der BrainMachine wird bei der Registermaschine ein Register verwendet. Die Speicherzelle der BrainMachine mit dem Index 0 wird in der Registermaschine in Register R2 gespeichert, die Speicherzelle der BrainMachine mit dem Index 1 in der Registermaschine in Register R3 usw.
- In der Registermaschine wird in Register R1 der Zeiger der BrainMachine gespeichert. Register R1 muss zu Beginn mit dem Wert 2 initialisiert werden.

3.1 Geben Sie für die B2-Befehle >, <, + und - einen oder mehrere Registermaschinenbefehle an, die diese Befehle jeweils emulieren.

(4 BE)

3.2 Beschreiben Sie, wie man eine Schleife aus B2 in Registermaschinencode übersetzen kann.

(4 BE)

3.3 Das in Material 2 gegebene, kommentierte B2-Programm verschiebt den Inhalt der aktuellen Speicherzelle zu einer Zelle, deren Index um zwei größer ist. Anschließend enthält die aktuelle Speicherzelle den Wert 0.

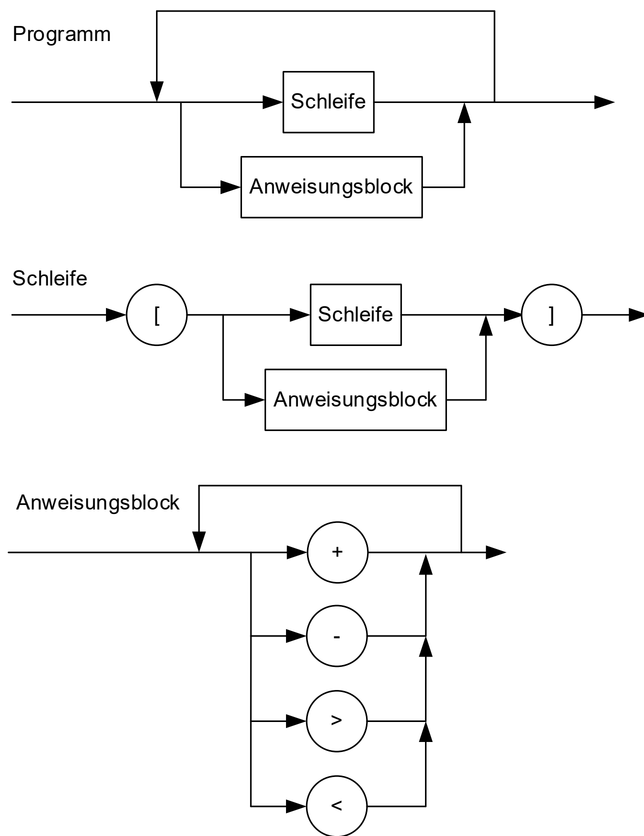
Implementieren Sie ein kommentiertes Registermaschinenprogramm, das denselben Algorithmus auf einer Registermaschine ausführt.

(6 BE)

[1] Man kann also die Registermaschine so programmieren, dass sie sich wie eine B2-programmierte BrainMachine verhält.

Material 1

Syntaxdiagramme der Sprache B2



Material 2

Kommentiertes B2-Programm

Kurzform: >>[-]<<[->>+<<]

Kommentiert:

>>	Zeiger von aktueller Zelle aus um zwei Zellen nach rechts verschieben
[-]	Den Inhalt dieser Zelle durch wiederholtes Dekrementieren um 1 auf 0 setzen
<<	Zeiger zur Ausgangszelle bewegen
[	Solange der Inhalt der Ausgangszelle größer als 0 ist
-	1 von dem Inhalt der Ausgangszelle subtrahieren
>>	Zeiger zur Zielzelle bewegen
+	Wert in der Zielzelle um 1 erhöhen
<<	Zeiger zurück zur Ausgangszelle bewegen
]	Ende der Schleife